ive of SID

مدل سازی کاهش خسارت‌ها در تصادفات جاده‌ای

وحید رنگریز[1]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۱/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۰۱

چکیده

به‌کارگیری فناوری‌های پیشرفته در خودروها و نیز استفاده از سیستم‌های کنترل و پایش هوشمند حمل‌ونقل جاده‌ای، هم‌چنان خسارت‌ها از آمار قابل توجهی برخوردار بوده و به‌تبع، تلاش جهت تشخیص علل رخداد حوادث جاده‌ای نیز دارای اهمیت ویژه‌ای است. الگوی تشخیص علل رخداد حوادث جاده‌ای، از یک طرف پلیس را در تشخیص دقیق علت حادثه یاری می‌کند و از طرف دیگر به کار شرکت‌های بیمه‌ای در پرداخت بیمه به طرف مقصر، سرعت و دقت بخشیده و گردآوری اطلاعات مربوط به خسارت‌ها و پردازش آنها سازندگان خودروها را در جهت ایمن‌سازی محصولات خود و رفع نقایص مدل‌سازی آنها تسهیل می‌کند. مسئولان جاده‌ای کشور هم برای رفع اشکالات مهندسی راه‌ها و جاده‌ها می‌توانند از خروجی‌های الگوی تشخیص علل خسارت‌های خودرو استفاده کنند. هدف از این مطالعه، کاهش تصادفات و خسارات جاده‌ای با استفاده از شبکه عصبی است. روش انجام تحقیق به‌صورت میدانی و روش عملی یعنی مدل‌سازی و ساخت یک سیستم الکترونیکی و تست و آزمایش و ثبت نتایج آزمایش‌های عملی انجام شده با دستگاه مذکور است. این مطالعه طرح یک الگو برای تشخیص علل خسارت‌های جاده‌ای را ارائه می‌کند. الگو با ثبت اطلاعات دریافتی، قبل از لحظه برخوردکردن از کلیه حسگرهای کار گذاشته‌شده در خودرو و هم‌چنین با پردازش و تفسیر آنها، اطلاعات مفیدی را در اختیار پلیس و شرکت‌های بیمه‌ای قرار می‌دهد. طرح الگو و ملزومات سخت‌افزاری آن‌را که در داخل خودرو نصب می‌شود، توضیح داده شده است. سیستم تشخیص الگو مبتنی بر یک سیستم شبکه عصبی است که قوانین آن از روی نتایج آزمایش‌های عملی متعدد انجام شده است. استخراج قوانین و مدل‌سازی موتور استنتاج شبکه عصبی از روی نمودارهای آزمایش‌های عملی، منجر به پیشنهاد الگویی شده است که رویدادهای پایه مولد برخورد کردن را به‌خوبی تشخیص داده و ارائه می‌کند.

کلیدواژه‌ها: *الگوی هوشمند، اطلاعات حسگری، تشخیص علت برخورد، سیستم عصبی، خسارت‌های خودرویی.*

۱. استادیار گروه مالی دانشکده منابع سازمانی، دانشگاه علوم انتظامی امین، نویسنده مسئول: Rangriz.apu@outlook.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

براساس آمار سامانه اطلاعات حوادث حمل‌ونقل کشور در شهریور ماه ۱۳۹۸ در روز ۱۱ شهریور ۷ نفر کشته شدند، این در حالی است که آمار کشته شدگان به نسبت روزهای تعطیل افزایش می‌یابد. ایران یکی از بالاترین تعداد تصادفات جاده‌ای در جهان را دارا است که براساس آمارها مابین شهریور ۱۳۹۷ تا شهریور ۱۳۹۸ حدود ۱۳۶۱ تصادف جاده‌ای در کشور رخ داده که از این حوادث ۲۷۱ نفر منجر به فوت شده است[۱]. در این میان، پلیس موظف است کلیه این خسارت‌ها را تجزیه و تحلیل کرده و علت آنها را به‌منظور تنبیه متخلف و پرداخت حق بیمه متضرر تعیین کند. این‌کار نیروی انسانی و هزینه بالایی لازم دارد. چنان‌چه تشخیص[۲] علت برخوردکردن به‌کمک الگوهای هوشمندی که در داخل خودرو قابل نصب باشد، انجام پذیرد، پلیس می‌تواند به کمک آن، اطلاعات دقیق‌تری از علل برخوردکردن و رفتار خودرو را در لحظات قبل و حین برخوردکردن داشته باشد. این‌کار موجب بالا رفتن سرعت تشخیص علل برخوردکردن، صدور توصیه‌های لازم برای ترمیم جاده‌ها (اصلاح پیچ‌ها، اصلاح شیب جاده، اصلاح تابلوهای راهنمایی، سرعت گیرها و ...) و هم‌چنین صدور توصیه‌های لازم برای برطرف کردن اشکالات معماری خودروها (کیفیت ترمز، کیفیت تایرها، میزان شتاب‌گیری خودروها در سربالایی، تعادل خودرو) می‌شود. هم‌چنین اشتباه‌های کارشناسان را در تشخیص علت برخوردکردن که می‌تواند ناشی از عملکرد سلیقه‌ای آنها، خستگی و یا اشتباه‌های کارشناسی آنها باشد، کاهش دهد.

در این مقاله، تشخیصِ رویدادِ[۳] قبل از حادثه به معنی به‌کارگیری سامانه‌های دستیاری پیشرفته راننده[۴] و دادن هشدار به راننده نیست، بلکه هدف، تشخیصِ عللِ حادثه بعد از رخداد است. قصد داریم علت وقوع برخوردکردن را پس از رخداد آن

۱. سامانه اطلاعات سوانح و حوادث حمل و نقل کشور

2. Diagnostic
3. Event
4. Advanced Driver Assistance Systems

www.SID.ir

ive of SID

بررسی کنیم. برای مثال، در یک برخورد کردن روبه‌رو به‌دنبال آن هستیم که بدانیم به چه دلیل (یا دلایلی) دو خودرو روبه‌رو با هم برخورد کرده‌اند. ما این دلایل را رویدادهای پایه نامیده‌ایم که در ادامه آنها را تعریف خواهیم کرد. در خارج از کشور، در زمینه مدل‌سازی چنین الگوهایی تحقیقات مختلفی انجام گرفته است. تحقیقات انجام شدهٔ مرتبط با خسارت‌ها و رویدادهای خودرو، تحت عناوین مختلفی نظیر جعبه سیاه[1] (دیده‌بان، ۱۳۹۲؛ هاپت و همکاران، ۲۰۱۱؛ گاور، ۲۰۱۵ و ویو و همکاران، ۲۰۱۳) و آشکارساز برخورد کردن[2] (هارشال، ۲۰۱۷؛ همبید، ۲۰۱۷ و ریدی، ۲۰۱۴) و هم‌چنین تحلیل رفتار راننده[3] (چن، ۲۰۱۵ و پریز ،۲۰۱۰)، از نظر ساختاری شبیه به هم بوده و از نظر خروجی و نوع الگوریتم‌های استفاده شده و هم‌چنین روش‌های ترکیب اطلاعات حسگرها متفاوت هستند و هرکدام از ویژگی‌های مختلفی برخوردار هستند، لیکن در داخل کشور کار عمده‌ای در این‌خصوص صورت نپذیرفته است. این مقاله قصد دارد طرح چنین الگوهایی را در کنار ملزومات سخت‌افزاری آن ارائه کند. اطلاعات ثبت‌شده در این الگو پس از وقوع برخورد، توسط پلیس و شرکت بیمه بازیابی و تحلیل می‌شوند و علت برخورد را که می‌تواند وقوع یک یا چند رویداد از لیست زیر باشد، مشخص کند. این رویدادها همان رویدادهای پایهٔ به‌وجود آورنده برخورد هستند.

۱- انحراف مسیر خودرو پیش از لحظه برخوردکردن روبه‌رو (مسیر مستقیم یا سرپیچ)؛

۲- انحراف مسیر خودرو پیش از حادثه (مسیر مستقیم یا سرپیچ)؛

۳- انحراف به راست خودرو (مسیر مستقیم یا سرپیچ)؛

۴- انحراف به چپ خودرو (مسیر مستقیم یا سرپیچ)؛

۵- حرکت زیگزاگی خودرو؛

۶- سرعت بالای خودرو؛

۷- ترمز ناگهانی خودرو؛

1. Black Box
2. Accident Detection
3. Driver Behavior Analysis

www.SID.ir

Archive of SID

۸- وجود چاله بزرگ یا مانع غیر قابل پیش‌بینی در جاده؛
۹- لغزش و لیزخوردن خودرو در جاده؛
۱۰- حرکت دنده عقب.

رویدادهای پایه دست به دست هم داده و می‌توانند در اثر عواملی نظیر عملکرد نامناسب راننده، نقص فنی خودرو یا شرایط بد محیطی (اشکالات جاده‌ای و شرایط جوی)، یک رویداد مرکب را ایجاد کنند و در نهایت یک حادثه و برخورد کردن را رقم بزنند. بنابراین برای تشخیص علت خسارت‌ها و حوادث جاده‌ای الگویی را برای داخل خودرو پیشنهاد خواهیم کرد که اطلاعات خود را از تعدادی حسگر و ژیروسکوپ دریافت و ثبت کند. اطلاعات ۳۰ ثانیه آخر ثبت شده در حافظه به برنامه‌ای که در اداره پلیس یا بیمه نصب شده است داده می‌شود، تا رویدادهای مولد آن برخورد را مشخص کند.

در این مقاله، هدف، تشخیص هفت نوع رفتار بوده است: جاده‌ای عادی، با شتاب، کند، تغییر به خط چپ یا خط راست، جاده‌ای زیگزاگی و نزدیک شدن ماشین به وسیله جلویی به کمک مدل‌های مخفی مارکوف. همه داده‌ها از یک وسیله‌نقلیه واقعی جمع‌آوری و در محیط واقعی جاده تعیین شده‌اند. این مقاله در هفت بخش سازماندهی شده است. در بخش اول مقدمه‌ای کلی در زمینه حوادث جاده‌ای و مزایای تشخیص علل خسارت‌ها و انواع رویدادهای جاده‌ای و تعریف رویدادهای پایه بیان شده است. در بخش دوم به مروری بر کارهای گذشته پرداخته شده است. در بخش سوم روش جدیدی برای تشخیص علل خسارت‌ها ارائه شده است. در بخش چهارم ملزومات سخت‌افزاری لازم برای تشخیص رویدادهای پایه ارائه شده است و در بخش پنجم یک نمونه از رویدادهای پایه پیاده‌سازی و ارزیابی شده است. در بخش ششم پیاده‌سازی کامل سیستم تشخیص و پیشنهادهای کاربردی تشریح شده و در نهایت در بخش هفتم خلاصه‌ای از مقاله آورده شده است.

www.SID.ir

ive of SID

پیشینه و مبانی نظری

در دو دهه اخیر، کارهای متعددی در زمینه تشخیص علل خسارت‌ها خودرویی صورت گرفته است. اطلاعاتی نظیر سرعت، دور موتور، موقعیت دریچه گاز و بار موتور از واحد کنترل الکترونیک[1] ECU خورد و دریافت شده و با پردازش آنها توسط الگوریتم آدابوست[2]، تحلیلی از رفتار راننده ارائه می‌دهد که تعیین می‌کند آیا جاده‌ای فرد یک رفتار ایمن و مطمئن هست یا خیر؟ روش ارائه شده قابلیت اعمال‌شدن در سیستم‌های دستیار راننده را نیز دارا هستند (چن، ۲۰۱۵). برای تشخیص علت سانحه جاده‌ای سیستمی تحت عنوان جعبه سیاه خودرو مدل‌سازی شده است که به کمک آن اطلاعاتی نظیر سرعت، دور موتور، موقعیت دریچه گاز و بار موتور به همراه اطلاعاتی نظیر زاویه فرمان، وضعیت چراغ راهنما در طی جاده‌ای در یک حافظه جانبی ذخیره می‌شود (دیده‌بان، ۱۳۹۲). پس از وقوع حادثه، اطلاعات از جعبه سیاه به داخل فلش منتقل شده و در اداره پلیس به‌صورت انیمیشن مورد بازبینی و بررسی قرار می‌گیرد ولی پردازشی بر روی اطلاعات صورت نمی‌گیرد و جعبه سیاه فاقد حس‌گرهای حرکتی است. (ویو و همکاران، ۲۰۱۳) یک دستگاه ضبط اطلاعات حادثه مبتنی بر رفتار راننده که اطلاعاتی از رفتار جاده‌ای و میزان خطر را تعیین می‌کند پیاده‌سازی شده است. در سال ۲۰۱۱ یک سیستم سخت‌افزاری با قیمت ارزان و توان مصرفی خیلی پایین ارائه‌شده است که از یک وسیله نقلیه اطلاعاتی را استخراج و با انتقال آنها به یک سیستم مانیتورینگ رفتار راننده را هنگام جاده‌ای برررسی می‌کند. سخت‌افزار استفاده‌شده در خودرو شامل یک میکروکنترولر، یک حسگر ژیروسکوپ و یک برد فرستنده وایرلس با فرکانس 2.4 GHZ بوده و سخت‌افزار به‌کار گرفته شده در ایستگاه مانیتورینگ نیز شامل یک عدد برد گیرنده بی‌سیم و یک دستگاه لپ‌تاپ جهت نمایش نتایج به‌دست آمده است که به‌صورت نموداری، رفتار جاده‌ای از قبیل گردش به راست و چپ و هم‌چنین عبور از سرعت‌گیر، به‌صورت عادی و شتاب‌زده را نمایش داده است ولی در

1 Electronic Control Unit
2 Adaboost Algorithm

www.SID.ir

Archive of SID

تحلیل شکل موج‌ها از هیچ الگوریتمی استفاده نکرده و الگو مذکور فاقد سیستم تشخیص خودکار است. زاویه فرمان و سرعت خودرو با استفاده از روش تبدیل متعامد به حوزه فرکانس تبدیل شده‌اند و سپس به‌وسیله روش‌های داده کاوی شامل استخراج ویژگی و فیلتر انتخاب ویژگی تجزیه و تحلیل شده‌اند و در نهایت میزان خواب‌آلودگی راننده تعیین می‌شود (هاپت، ۲۰۱۱). با استفاده از تعداد زیادی دوربین و اندازه‌گیری موقعیت پدال گاز و در نظر گرفتن موقعیت خودرو رفتار راننده را مورد بررسی قرار می‌دهد و هم‌چنین با تولید و ایجاد انواعی از محرک‌های صوتی و نوری داخل خودرو به‌طور مصنوعی، این امکان را فراهم می‌کند تا یک ناظر پژوهش‌گر با تعامل و برنامه‌ریزی اقدام‌های خاصی را در طول یک آزمایش به‌عمل آورد. در سال ۲۰۱۷ یک سیستم ضبط‌کننده داخل خودرویی به نام "تشخیص راندن" به‌منظور بالابردن ایمنی سفر مدل‌سازی شده است. این سامانه دارای چهار بخش عمده است: بخش اندازه‌گیری، بخش شناسایی، بخش تحلیل و بخش گزارش‌دهی. دستگاه مذکور به‌منظور نظارت و تحلیل رفتار راننده در وضعیت‌های جاده‌ای نرمال مدل‌سازی شده است، این سامانه نه تنها لحظه برخوردکردن، بلکه لحظات قبل از برخوردکردن و حین حرکت وسیله‌نقلیه را نیز ضبط می‌کند و از این اطلاعات برای تعیین ایمنی در کل سفر استفاده می‌کند (پریز، ۲۰۱۰). یک سیستم آشکارساز برخوردکردن مدل‌سازی شده است که با کمک حسگرهای ژیروسکوپ، شتاب‌سنج و ضربه و هم‌چنین سرعت خودرو، رویدادهایی نظیر واژگونی، شتاب ناگهانی و وارد شدن ضربه به خودرو را با بهره‌گیری از تصمیم‌سازی شبکه عصبی آشکار کرده و از طریق پیامک به اورژانس اعلام می‌کند (هارشال، ۲۰۱۷). (گاور، ۲۰۱۵) درجعبه سیاهی به‌منظور نشان دادن رفتار راننده و هم‌چنین ضبط داده‌های مربوط به رویدادهای جاده‌ای و ارائه برای مراجع قانونی ساخته است و پارامترهایی از قبیل گردش چرخ‌ها، دمای داخل اتاق خودرو، ولتاژ باتری، وضعیت کمربند، قفل بودن درب‌های خودرو و سرعت خودرو را ذخیره می‌کند، ولی این اطلاعات به‌طور کامل گویای حرکات خودرو نیست و پردازش خاصی بر روی این اطلاعات صورت

www.SID.ir

ive of SID

نگرفته است. دستگاهی برای تشخیص واژگونی خودرو با حسگر ژیروسکوپ ساخته شده است و درآن حسگر ژیروسکوپ را با قطب‌نما مقایسه کرده است ولی این در حالی است که حسگر ژیروسکوپ تغییرات زاویه را برحسب درجه بر ثانیه در اختیار قرار می‌دهد و زمانی‌که خودرو به‌طورکامل، ثابت و بی‌حرکت باشد، حسگر ژیروسکوپ مقدار صفر را نشان می‌دهد، بنابراین برای نشان دادن واژگونی خودرو حسگر ژیروسکوپ مناسب نیست و در عوض حسگر شتاب‌سنج می‌تواند میزان کجی خودرو را برحسب زوایای پیچش و چرخش به ما بدهد. هم‌چنین مقایسه ژیروسکوپ با قطب‌نما نیز در مورد واژگونی صحیح نیست و قطب‌نما برای به‌دست‌آوردن زاویه گردش به‌کار می‌رود و ارتباطی با مولفه کجی ندارد (همبید، ۲۰۱۷). (ریدی، ۲۰۱۴) در سخت‌افزاری برای تشخیص زاویه خودرو و واژگونی آن و اعلام به مرکز مانیتورینگ از طریق پیامک ساخته شده است. در این تحقیق برای اندازه‌گیری زاویه و کجی خودرو از شتاب‌سنج استفاده شده است که انتخاب مناسبی است ولی در آن از زوایای پیچش و چرخش استفاده نشده است و برای تشخیص واژگونی خودرو از زوایای بردار شتاب جاذبه با محورهای X و Z استفاده شده است (ساوانت و همکاران، ۲۰۱۲). در سیستمی ساخته شده است که در آن از سیستم تعیین موقعیت جهانی[1] GPS و سیستم جهانی ارتباطات سیار[2] GSM برای تعیین مکان خودرو و ارسال آن به یک تلفن همراه استفاده می‌شود و علاوه بر آن پارامترهایی نظیر وجود الکل، دما، نشتی گاز و ضربه نیز ارسال می‌شوند که البته پردازشی بر روی اطلاعات صورت نمی‌گیرد و هم‌چنین در مکان‌هایی که آنتن‌دهی قطع می‌شود وضعیت مکانی خودرو نامعلوم است. با ساخت یک ضبط کننده اطلاعات رویداد، اطلاعاتی نظیر شتاب، دما، وجود الکل، ضربه، مکان و سرعت خودرو را در یک حافظه جانبی ذخیره کرده و هم‌چنین این اطلاعات را به‌صورت پیامک ارسال و بر روی یک نمایش‌گر داخل خودرو نیز نمایش می‌دهد. (سریسکار، ۲۰۱۴)

1. Global Positioning System
2. Global System For Mobile Communications

www.SID.ir

Archive of SID

جدول شماره ۱، مقایسه ساختار انواع سامانه‌های تشخیص‌دهنده رفتار راننده و حرکات خودرو را که در بالا مرور شدند برحسب ۵ شاخص انتخاب شده (داده‌های مورد استفاده، سخت‌افزار به‌کار رفته در خودرو به هدف اصلی از سیستم (روش تحلیل داده‌ها و نحوه نمایش خروجی سیستم) نشان می‌دهد. در سطر آخر این جدول ویژگی‌های طرح پیشنهادی این مقاله نیز وارد شده است تا مقایسه‌ای بین کارهای گذشته و طرح پیشنهادی ما به‌عمل آمده باشد (هاپت و همکاران، ۲۰۱۱).

جدول ۱- مقایسه ساختار انواع سامانه‌های تشخیص‌دهنده رفتار راننده و حرکات خودرو

	مرجع	چن، ۲۰۱۵	۱۳۹۵ ،دیده بان	ویو و همکاران، ۲۰۱۳	هارشال، ۲۰۱۷	طرح پیشنهادی
داده های مورد استفاده در سیستم	سرعت	✓	✓	–	✓	✓
	دور موتور	✓	✓	–	–	–
	موقعیت دریچه گاز	✓	✓	–	–	–
	میزان بار موتور	✓	✓	–	–	–
	زاویه فرمان	–	✓	–	–	✓
	زوایای چرخشی و پیچش	–	–	–	✓	✓
	انحراف زاویه	–	–	–	–	✓
	شتاب جانبی	–	–	–	–	–
	داده‌های زمانی و مکانی دریافتی از سیستم موقعیت‌یابی جهانی	–	✓	✓	✓	–
	فاصله اندازه گیری شده از خودروی جلویی توسط دوربین	–	–	✓	–	–
سخت افیار های به کار رفته در خودرو	دیاگ	✓	✓	–	–	✓
	حسگر شتاب سنج	–	–	✓	✓	✓
	حسگر ژیروسکوپ	–	–	–	✓	✓
	حسگر قطب‌نما	–	–	–	–	✓
	ذخیره ساز در حافظه جانبی	–	✓	✓	–	✓
	فرستنده	–	–	–	✓	–
	نمایشگر داخل خودرو	✓	–	✓	–	–
	رایانه مستقر در مرکز مانیتورینگ برخط	–	–	–	✓	–
	حافظه پرتابل برای ذخیره سازی اطلاعات خودرو	–	✓	✓	–	✓
	مدارات هشداردهنده داخل خودرو	✓	✓	✓	–	–

www.SID.ir

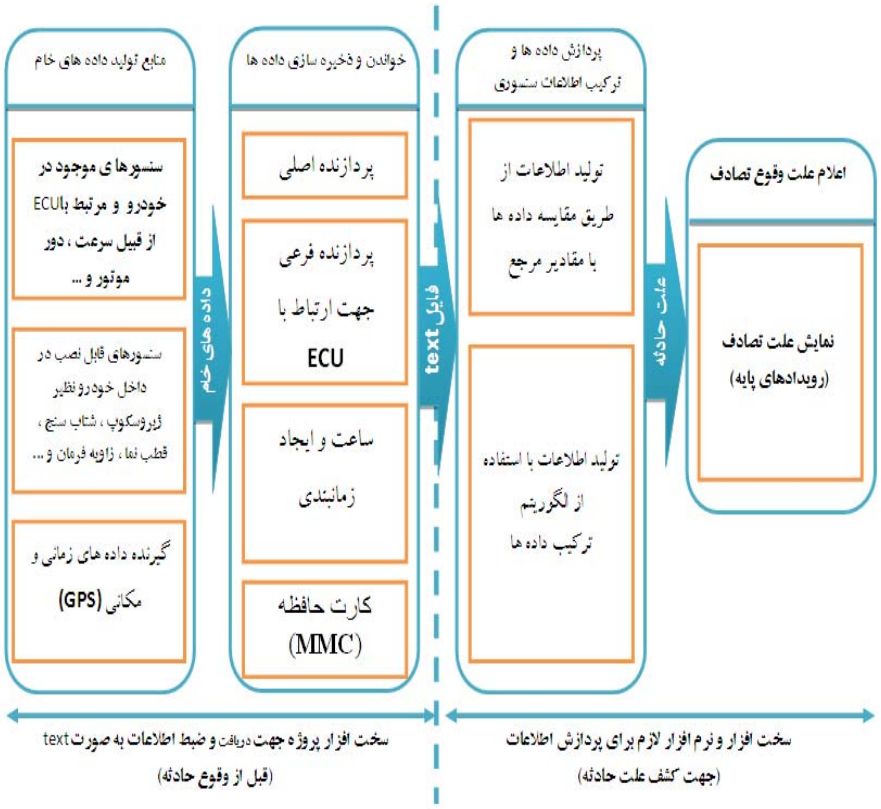
ive of SID

مرجع		چن، ۲۰۱۵	۱۳۹۵، دیده بان	ویو و همکاران، ۲۰۱۳	هارشال، ۲۰۱۷	طرح پیشنهادی
هدف اصلی از مدل سازی سیستم	تشخیص رفتار راننده	✓	✓	✓	--	--
	تشخیص حرکات خودرو	--	✓	✓	✓	✓
	تشخیص رفتار خطرناک راننده	✓	--	--	--	--
	تشخیص رویدادهای پایه خودرو	--	--	--	--	✓
روش تحلیل داده ها		الگوریتم آدابوست	----	سیستم شبکه عصبی	سیستم شبکه عصبی	سیستم شبکه عصبی
نحوه نمایش خروجی سیستم		پنل چراغهای نمایشگر آلارم	نمایش انیمیشنی	در مانیتور داخل خودرو	ارسال پیامک	در صفحه رایانه

مطابق شکل۱، الگو پیشنهادی از یک بخش سخت افزاری قابل نصب در خودرو برای ضبط اطلاعات دریافتی از حسگرها (در لحظات قبل از وقوع حادثه) و بخش سخت‌افزاری و نرم‌افزاری قابل نصب در اداره پلیس برای پردازش اطلاعات، کشف علت حادثه و تشخیص علل برخورد کردن تشکیل می‌شود. بخش اول، داده‌های خامی را که از طریق انواع حس‌گرها دریافت شده‌اند توسط یک پردازنده، خوانده و آنها را در یک حافظه جانبی ذخیره می‌کند. بخش دوم با بهره‌گیری از روش‌های مقایسه‌ای و هم‌چنین ترکیب اطلاعات حسگری وضعیت‌های مختلفی را که برای خودرو رخ داده‌اند تشخیص می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- بلوک دیاگرام کلی روش پیشنهادی برای تشخیص علت خسارت‌های خودرویی

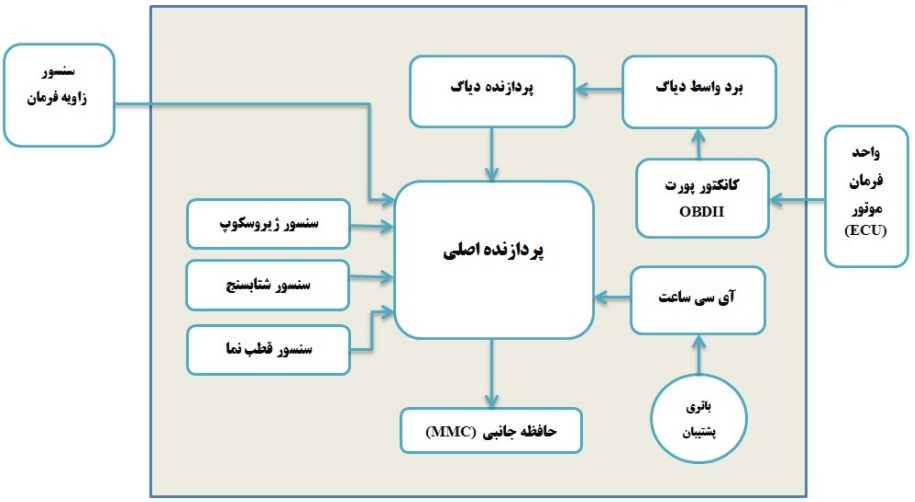
بلوک دیاگرام سخت‌افزار بخش اول در شکل ۲ آمده است که به کمک آن می‌توان اطلاعات مورد نیاز برای تشخیص رویدادهای پایه را قبل از وقوع حادثه ذخیره کرده و پس از وقوع حادثه، به کمک بخش دوم الگو نسبت به تشخیص علت حادثه اقدام کرد. همان‌طورکه ملاحظه می‌شود، پردازنده اصلی، اطلاعات لازم را از طریق حسگرهای شتاب‌سنج، ژیروسکوپ، قطب‌نما و زاویه فرمان به‌طور مستقیم دریافت می‌کند. همین‌طور اطلاعاتی نظیر سرعت و دور موتور را از طریق پورت[1] OBD-II و برقراری ارتباط با واحد کنترل الکترونیک خودرو و به‌صورت غیرمستقیم و به‌کمک پردازنده

1 On-Board diagnostics-II

www.SID.ir

ive of SID

فرعی و مدار واسط دستگاه دیاگ می‌گیرد، آن‌گاه کلیه اطلاعات دریافتی را به‌همراه تاریخ و تقویم دریافتی از بخش زمان‌سنج بلادرنگ[1] RTC دریافت و در حافظه جانبی ذخیره می‌کند. در ادامه این بخش به تشریح اجمالی بخش‌های شکل ۱ پرداخته می‌شود.



شکل ۲- بلوک دیاگرام سخت‌افزار پیشنهادی جهت نصب در داخل خودرو

منابع تولید داده‌های خام: براساس شکل ۲ داده‌های مورد نیاز برای تشخیص علل رخداد و خسارت‌های جاده‌ای می‌تواند از دو طریق تامین شوند:

– حسگرهای موجود فعلی در خودرو که پارامترهایی از قبیل سرعت، دور موتور، موقعیت دریچه گاز و دور موتور را در اختیار ما قرار می‌دهند.

– حسگرهای قابل نصب در خودرو که عبارت‌انداز: حسگر ژیروسکوپ، حسگر شتاب‌سنج، حسگر قطب‌نما و هم‌چنین حسگر زاویه فرمان.

– گیرنده داده‌های زمانی و مکانی که با نصب یک دستگاه گیرنده سیستم تعیین موقعیت جهانی می‌توان طول و عرض جغرافیایی، تاریخ و ساعت خودرو را از طریق ماهواره دریافت کرده و در موارد مختلف از این داده‌ها استفاده کرد.

1. Real Time Clock

www.SID.ir

Archive of SID

خواندن و ذخیره‌سازی داده‌ها: داده‌های دریافتی از حسگرهای مختلف، توسط یک پردازنده دریافت و ذخیره می‌شوند. با توجه به کند بودن فرایند دریافت اطلاعات از واحد کنترل الکترونیک خودرو و بالا بودن نرخ دریافت اطلاعات حسگرها، عمل خواندنِ هم‌زمان داده‌ها از این حسگرها با نرخ بالا امکان‌پذیر نبوده و سبب کندی در خواندن اطلاعات و کاهش نرخ قرائت داده‌ها می‌شود. از این‌رو، برای دریافت پارامترهای مربوط به واحد کنترل الکترونیک، می‌بایست از یک پردازنده فرعی استفاده کرد و اطلاعات را در زمان‌های از پیش تعریف شده‌ای در اختیار پردازنده اصلی قرار داد. سپس آنها را همراه سایر داده‌های دریافتی توسط پردازنده اصلی در حافظه جانبی[1] ذخیره‌سازی کرد. با توجه به این‌که زمان حادث شدن هر رویداد از اهمیت زیادی برخوردار است، از این‌رو برای زمان‌بندی داده‌ها از یک تراشه ساعت استفاده شده است.

پردازش داده‌ها و ترکیب اطلاعات حسگری: در مرحله سوم، کلیه داده‌های جمع‌آوری شده، با توجه به نوع داده و نوع اطلاعاتی که از آن استخراج می‌شود، از طریق یکی از روش‌های اشاره‌شده مورد پردازش قرار می‌گیرند. برای مثال، برای تشخیص سرعت خودرو می‌توان از روش مقایسه داده‌ها استفاده کرد و برای موارد پیچیده‌تر نظیر ترمز ناگهانی، انحراف به طرفین از روش‌های هوش مصنوعی نظیر شبکه عصبی بهره برده و داده‌های به‌دست آمده را به اطلاعات مفیدی که در نهایت ما را به سمت تشخیص علل رخداد حادثه جاده‌ای هدایت می‌کنند، تبدیل کرد.

اعلام علت وقوع برخورد کردن: در این مرحله، بایستی نتایج حاصله از پردازش داده‌ها (اطلاعات رویدادهایی که در لحظات قبل از رخ دادن سانحه ایجاد شده‌اند) را به‌صورت مناسب نمایش داد. برای نمایش این اطلاعات می‌توان به‌صورت متنی، نموداری و گرافیکی، اطلاعات مربوط به هر رویداد پایه را در صفحه رایانه نمایش داد تا کار تشخیص علل رخداد حادثه برای کارشناسان مربوطه، عملی باشد.

1. Multi Media Card

www.SID.ir

ive of SID

بررسی قابلیت‌های سیستم تشخیص پیشنهادی: قابلیت‌های سیستم تشخیص پیشنهادی از منظر "تشخیص حرکات نامتعارف خودرو" و "تشخیص وضعیت خودرو و تجهیزات آن" در جدول شماره ۲ با قابلیت‌های چند مرجع دیگر مقایسه شده است. این جدول نشان می‌دهد که سیستم پیشنهادی این مقاله قادر است تعداد زیادتری از حرکات نامتعارف خودرو را که به برخورد کردن منجر می‌شود آشکار کند و لذا جامع‌تر از سیستم‌های موجود است.

جدول ۲- مقایسه قابلیت‌های انواع سامانه‌های تشخیص‌دهنده رفتار راننده و حرکات خودرو

	مرجع	چن، ۲۰۱۷	دیده بان ۱۳۹۵	ویو و همکاران، ۲۰۱۳	هارشال، ۲۰۱۷	طرح پیشنهادی
تشخیص وضعیت خودرو و تجهیزات آن	وضعیت کمربند ایمنی	✗	✓	✗	✗	✗
	وضعیت چراغ خطر عقب	✗	✓	✗	✗	✗
	وضعیت راهنما	✗	✓	✗	✗	✗
	وضعیت فشردن پدال ترمز	✗	✓	✗	✗	✗
	موقعیت مکانی (مسیرهای تردد خودرو)	✗	✓	✓	✓	✗
	موقعیت زمانی	✗	✓	✓	✓	✓
	وضعیت خودرو نسبت به خودروی جلویی	✗	✗	✓	✗	✗
	دسترسی به آلارم های واحد کنترل الکترونیک	✓	✓	✗	✗	✓
تشخیص حرکات نا متعارف خودرو	جاده ای ایمن (الگوریتم آدابوست)	✓	✗	✗	✗	✗
	ترمز شدید	✗	✓	✗	✗	✓
	انحراف به چپ یا راست	✗	✓	✓	✗	✓
	انحراف به چپ یا راست با شتاب	✗	✓	✗	✗	✓
	سرعت غیر مجاز	✓	✓	✓	✓	✓
	عبور از مانع	✗	✗	✗	✗	✓

www.SID.ir

Archive of SID

مرجع		چن، ۲۰۱۷	دیده بان،۱۳۹۵	ویو و همکاران، ۲۰۱۳	هارشال، ۲۰۱۷	طرح پیشنهادی
	عبور از چاله بزرگ	-	-	-	-	✓
	حرکت دنده عقب	-	-	-	-	✓
	لغزش خودرو	-	-	-	-	✓
	تغییر تاگهانی سرعت	-	-	-	✓	✓
	تغییر ناگهانی شتاب	-	-	✓	✓	✓
	حرکت سریع فرمان	-	-	-	-	✓
	حرکت مارپیچ	-	✓	✓	-	✓
	فاصله از خودروی جلویی	-	-	✓	-	-

ملزومات سخت‌افزاری برای تشخیص هر یک از رویدادهای پایه

در جدول ۳ رویدادهای پایه‌ای که یک یا ترکیبی از آنها منجر به خسارت‌های مختلف از قبیل خسارت‌های روبه‌رو، واژگونی خودرو و سایر رویدادهای خودرویی می‌شوند، مشخص شده‌اند و با توجه به ماهیت رویداد پایه ملزومات لازم برای تشخیص هر کدام با علامت تیک در مقابل آن مشخص شده است. در ادامه به توضیح و تفسیر برخی از رویدادهای فوق و هم‌چنین رفتار حسگرهای ذکر شده می‌پردازیم.

جدول ۳- حسگرهای مورد نیاز جهت تشخیص هر یک از رویدادهای پایه

ردیف	رویداد پایه	حسگر ژیروسکوپ	حسگر شتاب سنج	حسگر قطب نما	حسگر زاویه فرمان	حسگر سرعت	حسگر دور موتور	داده های زمانی دریافتی از سیستم تعیین موقعیت جهانی
۱	عبور از مانع	✓	✓	---	---	✓	---	✓
۲	وجود چاله بزرگ	✓	✓	---	---	✓	---	✓

www.SID.ir

ive of SID

ردیف	رویداد پایه	حسگر ژیروسکوپ	حسگر شتاب سنج	حسگر قطب نما	حسگر زاویه فرمان	حسگر سرعت	حسگر دور موتور	داده های زمانی دریافتی از سیستم تعیین موقعیت جهانی
۳	ترمز ناگهانی	✓	✓	---	---	✓	✓	✓
۴	حرکت دنده عقب	✓	✓	---	---	✓	✓	✓
۵	لغزش خودرو	✓	✓	✓	✓	---	---	✓
۶	انحراف به راست	✓	---	✓	✓	---	---	✓
۷	انحراف به چپ	✓	---	✓	✓	---	---	✓
۸	تغییر ناگهانی سرعت	---	---	---	---	✓	---	✓
۹	تغییر ناگهانی شتاب	✓	✓	---	---	✓	---	✓
۱۰	حرکت سریع فرمان	---	---	---	✓	---	---	✓

وجود چاله بزرگ و یا عبور از مانع: زمانی‌که خودرو به یک چاله بزرگ می‌افتد، در یک لحظه قسمت جلویی خودرو به سمت پایین رفته و سپس به بالا می‌آید. در عبور از مانع نیز عکس این حالت رخ می‌دهد. با بررسی تغییرات زاویه چرخش می‌توان این دو حالت را تشخیص داد.

ترمز ناگهانی خودرو: زمانی‌که رانندهٔ خودرو به‌صورت ناگهانی ترمز می‌کند، در واقع پای خود را از روی پدال گاز بر می‌دارد؛ با این‌کار دریچه سوخت خودرو بسته شده و سرعت خودرو نیز دچار افت می‌شود. علاوه بر این‌ها قسمت جلوی خودرو یک لحظه پایین آمده و سپس به سمت بالا می‌رود (تغییرات زاویه چرخش).

حرکت دنده عقب: در برخی از خودروها، ECU شماره دنده خودرو را در اختیار قرار می‌دهد و با توجه به دنده اعمال شده و سرعت خودرو می‌توان حرکت دنده عقب را تشخیص داد. در طرح پیشنهادی ما با استفاده از حسگرهای شتاب و زاویه، حسگر زاویه فرمان و هم‌چنین سرعت خودرو می‌توان حرکت دنده عقب خودرو را تشخیص داد.

لغزش و لیز خوردن خودرو: لغزش و لیز خوردن خودرو در دو حالت اتفاق می‌افتد: لغزنده بودن جاده و تغییر مسیر اجباری و ناگهانی خودرو در اثر وجود موانع غیرمترقبه.

www.SID.ir

Archive of SID

در هر دو حالت فوق خودرو حول محور عمودی Z، یعنی در جهت زاویه گردش چرخیده و هم‌زمان جهت خودرو نیز تغییر می‌کند. در این حین زاویه فرمان نیز حاوی اطلاعات مفیدی است.

انحراف به راست یا چپ خودرو: انحراف خودرو به راست یا چپ به معنی تغییر جهت خودرو به‌صورت ارادی یا غیرارادی است، لیکن انحراف از مسیر خودرو غالباً به‌صورت غیرارادی بوده و به‌دلیل مواجه شدن راننده با موانع غیرمنتظره و ناگهانی ایجاد می‌شود و عواملی از قبیل ایجاد نقص فنی خودرو، حواس‌پرتی راننده و موانع به‌وجود آمده در جاده، باعث می‌شوند تا خودرو از مسیر اصلی و طبیعی خود خارج شود. انحراف مسیر خودرو دارای دو ویژگی مهم است: اول این‌که، خودرو به راست یا چپ تغییر جهت می‌دهد و دوم، انحراف خودرو به‌صورت ناگهانی و شتاب‌دار است.

تغییر ناگهانی سرعت خودرو: زمانی‌که سرعت خودرو نسبت به زمان ثابت است، مشتق آن برابر صفر و زمانی‌که میزان سرعت خودرو نسبت به زمان تغییر می‌کند مشتق آن نسبت به زمان دارای مقدار است و به‌خصوص زمانی‌که سرعت خودرو دارای تغییرات ناگهانی است، مشتق آن دارای مقدار قابل توجهی است، از این‌رو برای به‌دست آوردن تغییرات سرعت می‌توان با مشتق‌گیری از این پارامتر نسبت به زمان به تغییرات ناگهانی سرعت را به‌دست آورده و به‌همراه داده‌های زمانی ذخیره کنیم.

تغییر ناگهانی شتاب خودرو: زمانی‌که علاوه بر سرعت، میزان شتاب خودرو نیز تغییر می‌کند، به‌دلیل تغییرات و تکان‌های شدید خودرو، تغییرات محسوسی در حسگرهای ژیروسکوپ و شتاب‌سنج ایجاد می‌شود؛ از این‌رو، با ثبت تغییرات این حسگرها به همراه تغییرات سرعت، تغییرات شتاب را نیز خواهیم داشت.

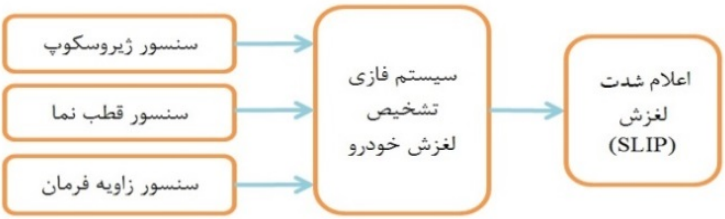
حرکت سریع فرمان: با مشتق‌گیری از داده‌های دریافتی از حسگر زاویه فرمان می‌توان تغییرات سریع فرمان را نیز محاسبه کرد.

www.SID.ir

ive of SID

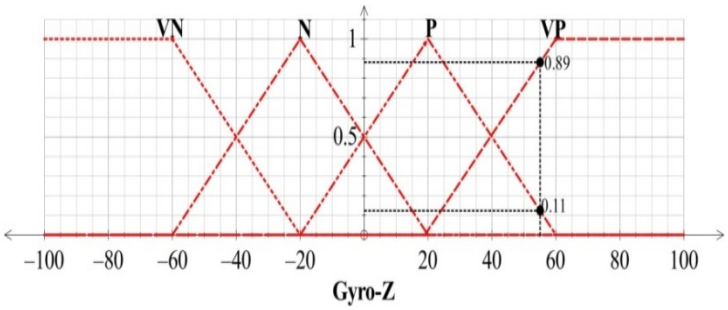
یافته‌ها

پیاده‌سازی و ارزیابی شدت وقوع لغزش خودرو: در این بخش، لغزش خودرو با استفاده از شبکه عصبی شبیه‌سازی و ارزیابی می‌شود. علت استفاده از شبکه عصبی سهولت استخراج قوانین شبکه عصبی از روی آزمایش عملی انجام شده و سادگی مدل‌سازی موتور استنتاج شبکه عصبی در این سیستم است. شمای سیستم تشخیص شدت لغزش در شکل ۳ نشان داده شده است. این سیستم ورودی‌های خودکار را از سه حسگر ژیروسکوپ، قطب‌نما و زاویه فرمان دریافت کرده و پس از پردازش آنها توسط موتور استنتاج که قوانین آن موتور براساس تعداد زیادی آزمایش‌های عملی نوشته شده بود، خروجی اعلام شدت لغزش را که نشان‌گر شدت لغزش خودرو است، تولید می‌کند.



شکل ۳- شمای سیستم تشخیص شدت لغزش خودرو

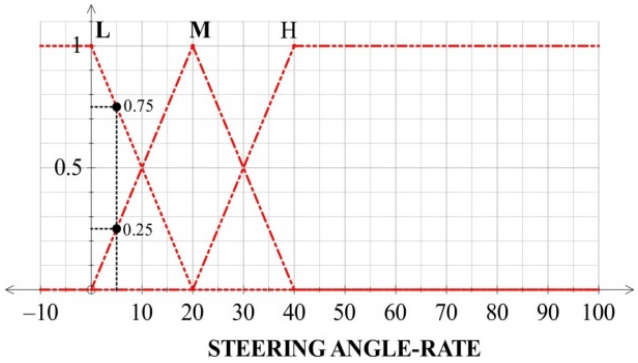
توابع عضویت ورودی‌ها و خروجی در شکل ۴ الی ۷ نشان داده شده است. نحوه انتخاب مقادیر عددی برای توابع عضویت در مرجع توضیح داده شده است.



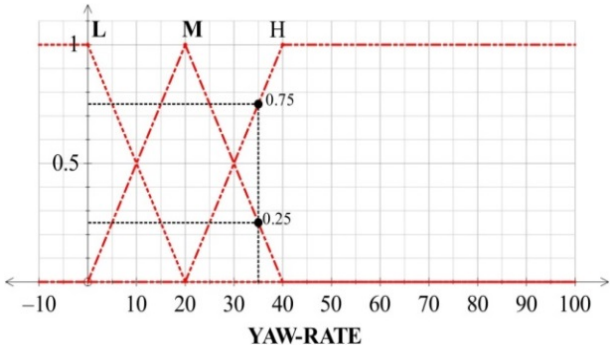
شکل ۴- تابع عضویت ورودی- شتاب زاویه در جهت محور Z

www.SID.ir

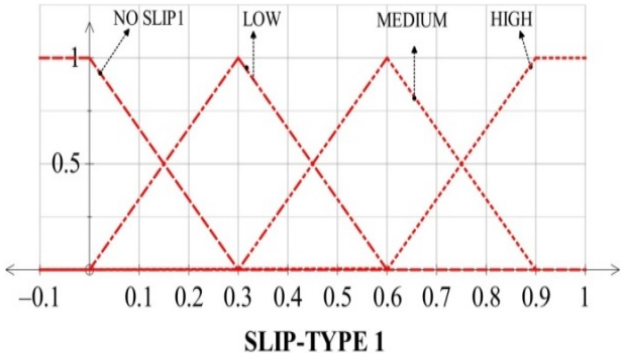
Archive of SID



شکل ۵- تابع عضویت ورودی سیستم- نرخ تغییرات زاویه فرمان



شکل ۶- تابع عضویت ورودی- نرخ تغییرات زاویه YAW



شکل ۷- تابع عضویت خروجی- لغزش نوع یک

www.SID.ir

ive of SID

بنابراین قوانین شبکه عصبی به‌صورت زیر نوشته می‌شوند:

1. If (Gyro-z is VN) and (YAW-RATE is H) and (STA-RATE is L) then (SLIP-TYP1 is H)
2. If (Gyro-z is VN) and (YAW-RATE is H) and (STA-RATE is M) then (SLIP-TYP1 is M)
3. If (Gyro-z is VN) and (YAW-RATE is H) and (STA-RATE is H) then (SLIP-TYP1 is L)
4. If (Gyro-z is N) and (YAW-RATE is L) and (STA-RATE is L) then (SLIP-TYP1 is NO-SLIP1)
5. If (Gyro-z is N) and (YAW-RATE is L) and (STA-RATE is M) then (SLIP-TYP1 is NO-SLIP1)
6. If (Gyro-z is N) and (YAW-RATE is L) and (STA-RATE is H) then (SLIP-TYP1 is NO-SLIP1)
7. If (Gyro-z is N) and (YAW-RATE is M) and (STA-RATE is L) then (SLIP-TYP1 is NO-SLIP1)
8. If (Gyro-z is N) and (YAW-RATE is M) and (STA-RATE is M) then (SLIP-TYP1 is NO-SLIP1)
9. If (Gyro-z is N) and (YAW-RATE is M) and (STA-RATE is H) then (SLIP-TYP1 is NO-SLIP1)
10. If (Gyro-z is N) and (YAW-RATE is H) and (STA-RATE is L) then (SLIP-TYP1 is NO-SLIP1)
11. If (Gyro-z is N) and (YAW-RATE is H) and (STA-RATE is H) then (SLIP-TYP1 is NO-SLIP1)
12. If (Gyro-z is P) and (YAW-RATE is L) and (STA-RATE is L) then (SLIP-TYP1 is NO-SLIP1)
13. If (Gyro-z is P) and (YAW-RATE is L) and (STA-RATE is M) then (SLIP-TYP1 is NO-SLIP1)
14. If (Gyro-z is P) and (YAW-RATE is L) and (STA-RATE is H) then (SLIP-TYP1 is NO-SLIP1)
15. If (Gyro-z is P) and (YAW-RATE is M) and (STA-RATE is L) then (SLIP-TYP1 is NO-SLIP1)
16. If (Gyro-z is P) and (YAW-RATE is M) and (STA-RATE is M) then (SLIP-TYP1 is NO-SLIP1)
17. If (Gyro-z is P) and (YAW-RATE is M) and (STA-RATE is H) then (SLIP-TYP1 is NO-SLIP1)
18. If (Gyro-z is P) and (YAW-RATE is H) and (STA-RATE is L) then (SLIP-TYP1 is NO-SLIP1)
19. If (Gyro-z is P) and (YAW-RATE is H) and (STA-RATE is H) then (SLIP-TYP1 is NO-SLIP1)
20. If (Gyro-z is VP) and (YAW-RATE is H) and (STA-RATE is L) then (SLIP-TYP1 is H)
21. If (Gyro-z is VP) and (YAW-RATE is H) and (STA-RATE is M) then (SLIP-TYP1 is M)
22. If (Gyro-z is VP) and (YAW-RATE is H) and (STA-RATE is H) then (SLIP-TYP1 is L)

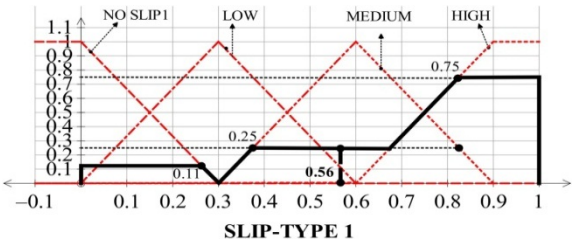
حال سیستم شبکه عصبی با قوانین تعریف‌شده فوق را برای ورودی‌های زیر حل می‌کنیم:

GYRO-Z = 55

YAW-Rate = 35

STA-Rate = 5

نتیجه حاصله (خروجی شبکه عصبی) در شکل ۹ نشان داده شده است. خروجی عددی مسئله برابر SLIP= 0.636 است. با توجه به تغییرات خیلی زیاد ژیروسکوپ حول محور Z و تغییرات زیاد زاویه YAW، دریافتی از قطب‌نما و هم‌چنین تغییرات کم زاویه فرمان انتظار داشتیم که خودرو دچار لغزش شده باشد و همان‌طورکه ملاحظه شد مقدار SLIP= 0.636، بیان‌گر میزان لغزش خودرو در حد متوسط است.



شکل ۹- خروجی شبکه عصبی مربوط به شدت لغزش خودرو- نوع یک

www.SID.ir

Archive of SID

پیاده‌سازی کامل سیستم تشخیص: سیستم تشخیص پیشنهادی، از مجموعه‌ای از زیرسیستم‌های تشخیص مشابه شکل ۳ درست شده است. زیرسیستم‌ها به‌طور موازی کار می‌کنند. آنها اطلاعات لحظه‌ای را از حسگرها می‌گیرند و براساس ساختار شبکه عصبی از قبل مدل‌سازی شده خود، وقوع یا عدم وقوع رویدادهای پایه مربوط به خود را اعلام می‌کنند. بدین ترتیب، کاربر شدت وقوع رویدادهای پایه‌ای را که منجر به وقوع حادثه شده است، به‌دست می‌آورد. ما در این مقاله به‌علت محدودیت صفحات مقاله، تنها زیرسیستم تشخیص لغزش را پیاده‌سازی و اجرا کردیم. سایر زیرسیستم‌ها پیاده‌سازی شده‌اند.

نتیجه‌گیری

در عمل رخ‌دادن حادثه جاده‌ای، ترکیبی از رخداد رویدادهای پایه است، تفسیر این رویدادها می‌تواند علت واقعی بروز حادثه را تعیین کند. اگر راننده خودرویی ناگهان با یک چاله، مانع یا سرعت‌گیر مواجه شده و اقدام به انحراف به راست یا چپ کند و با ترمز ناگهانی باعث لغزش خودرو شود، سیستم تشخیص باید بتواند این رویدادهای پایه را تشخیص داده و هر کدام را در هر زمان و با هر شدتی که رخ داده باشند، آشکار کند؛ لذا تفسیر این رویدادها در مجموع می‌تواند بیان‌گر رفتار راننده و حرکات خودرو در لحظات قبل از وقوع حادثه باشد. وجود چنین سیستمی در خودروها، می‌تواند در جهت تشخیص علت یا علل حادثه‌های خودرویی که می‌تواند شامل عواملی از قبیل خطای انسانی، نقص فنی خودرو یا عوارض جاده‌ای باشد، کمک شایانی به پلیس راهور کند. این مقاله، مدل‌سازی مبتنی بر شبکه عصبی را برای تشخیص علل خسارت‌های جاده‌ای ارائه کرد. ویژگی این روش، عدم استفاده از دوربین در ساختار سیستم تشخیص است. سیستم پیشنهاد شده با جزئیات توضیح داده شد و ملزومات سخت‌افزاری لازم برای تشخیص هر رویداد پایه مشخص شد. سپس به‌عنوان نمونه، سیستم تشخیص شدت لغزش در محیط MATLAB با استفاده از نتایج آزمایش‌های عملی انجام‌شده روی

www.SID.ir

ive of SID

خودرو پیاده‌سازی و ارزیابی شد. نتایج حاصله، صحت عملکرد سیستم را در تشخیص علت حادثه نشان می‌دهد.

پیشنهادها

- برای کمک به کارشناسان پلیس راهور جهت تشخیص سریع و خودکار علت وقوع حادثه، این کار با بازخوانی اطلاعات ضبط‌شده در حافظه USB خودرو صورت می‌گیرد.
- برای کمک به شرکت‌های بیمه در پرداخت خسارت و دیه به مصدومان حادثه جاده‌ای، پردازش خودکار اطلاعات ضبط‌شده مربوط به آخرین دقایق قبل از حادثه، در اداره پلیس، رویدادهای پایه مولد حادثه و لذا مقصر حادثه را شناسایی می‌کند.
- تولیدکنندگان و سازندگان خودروها برای رفع نواقص و ایرادهای مدل‌سازی آنها، جمع‌بندی و تحلیل رویدادهای پایه مولد حادثه مربوط به یک بدنه خودرو (مثلاً پژو ۴۰۵) ممکن است منجر به این شود که این خودرو، غالباً بر اثر وقوع رویداد پایه خاصی دچار سانحه می‌شود و این رویداد از یک مشکل خاص مدل‌سازی خودرو ناشی می‌شود. حال می‌توان سازنده را از این موضوع باخبر و وی را به مرتفع ساختن آن مشکل خاص مجبور کرد.
- یاری رساندن به وزارت راه برای رفع اشکال‌های مهندسی جاده‌ها و راه‌ها (اصلاح پیچ‌ها، اصلاح شیب‌ها و ...)

منابع

دیده‌بان، داود؛ ابوالحسنی، ثریا. (۱۳۹۲). *استفاده از سیستم هوشمند جعبه سیاه خودرو جهت کنترل و پایش خودروها و تشخیص صحیح در حوادث جاده‌ای (تشخیص نقص فنی و سهل‌انگاری راننده)*"، تهران: سومین کنفرانس ملی خسارت‌های جاده‌ای حوادث ریلی و هوایی.

Bhalerao Harshal, A.; Jadhav Sarika, J.; Jadhav Snehal, B. (2017). Accident Detection by an Intelligent System. International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering, (6.5).

www.SID.ir

Archive of SID

Chen, S. H.; Pand, J. S.; Lu, K. (2015). Driving Behavior Analysis Based on Vehicle OBD Information and AdaBoost Algorithms. In Proceedings of the International Multi Conference of Engineers and Computer Scientists, Vol. 1, pp. 18-20.

Gaur, K.; Mohota, N. A. (2015). Design and Implementation of Car Black Box Based on ARM7. Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR), (2.8).

Hembade, P. A.; Khandewale, A. H. (2017). Accident Indication by Using Gyroscope. International Journal of Modern Trends in Engineering and Research (IJMTER), (4.7).

Haupt, D.; Honzik, P.; Raso, P.; Hyncica, O. (2011). Steering wheel motion analysis for detection of the driver's drowsiness. In 2nd International Conference on Mathematical Models for Engineering Science (pp. 253-261).

Pérez, A.; García, M. I.; Nieto, M.; Pedraza, J. L.; Rodríguez, S.; Zamorano, J. (2010). Argos: an advanced in-vehicle data recorder on a massively sensorized vehicle for car driver behavior experimentation. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 11(2), 463-473.

Reddy, M. R.; Tulasi, J. (2014). Accident Detection Depending On the Vehicle Position and Vehicle Theft Tracking, Reporting Systems. International Journal of Science, Engineering and Technology Research, (3.9).

Sawant Supriya, C.; Bombale U. L.; Patil T. B. (2012). An Intelligent Vehicle Control and Monitoring Using Arm. International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT), (2.4).

Sirsikar, N.P.; Chandankhede, P. H. (2014). Design of ARM based Enhanced Event Data Recorder & Evidence Collecting System. IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering (IOSR-JECE). (9.5).

Wu, B. F.; Chen, Y. H.; Yeh, C. H. (2013). Driving behavior-based event data recorder. IET Intelligent Transport Systems, 8(4), 361-367.

www.SID.ir